

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна
Должность: Проректор по УР и НО
Дата подписания: 21.09.2023 17:13:41
Уникальный программный ключ:
bb52f959411e64617366ef2977b97e87159b1a2d



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)
АВИАЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ**

Методические указания для практических работ
по дисциплине ОП.01 Техническая механика.
Организация деятельности производственного подразделения
электромонтажной организации для обучающихся специальности
08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий

Ростов-на-Дону

2023

Разработчик:

Преподаватель высшей категории _____

Н.И.Захаренко

«31» августа 2023 г.

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Протокол № _____ от «31» августа 2023 г.

Председатель цикловой комиссии

Р.А.Ахмедов

«31» августа 2023 г.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся по специальности 08.02.09 Монтаж наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Пояснительная записка

Методические указания для проведения практических занятий составлены на основании рабочей программы по учебной дисциплине «Техническая механика» и предназначены для обучающихся специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий. Практические занятия выполняются обучающимися в форме практических и лабораторных работ.

Учебная дисциплина «Техническая механика» является общепрофессиональной дисциплиной и при ее изучении отводится значительное место выполнению практических и лабораторных работ. Обучающиеся, выполняя практические и лабораторные работы, реализуют следующие цели:

1. обобщить, систематизировать, закрепить полученные теоретические знания по конкретным темам дисциплины;
2. формировать умения применять полученные знания на практике, реализуя единство интеллектуальной и практической деятельности;
3. развивать аналитические, логические навыки и умения у будущих специалистов;
4. вырабатывать при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В соответствии с дидактической целью содержанием практических занятий по данной дисциплине является решение различных задач, направленных на формирование профессиональных компетенций.

Требования к выполнению и оформлению практического занятия

1. Практическое занятие выполняется в тетради для практических работ.
2. Индивидуальный вариант практической работы обучающегося должен соответствовать номеру списка в журнале. В начале работы указывается номер варианта, затем текст задачи и решение задачи. При необходимости записи сопровождаются схемами, рисунками, таблицами.
3. Графическая часть практической и лабораторной работы выполняется аккуратно, с использованием чертёжных инструментов. На рисунках (схемах) необходимо нанести известные и искомые параметры.
4. При возврате практической или лабораторной работы обучающийся должен внимательно прочитать рецензию преподавателя, выполнить все его рекомендации. Работа над ошибками выполняется в той же тетради и сдается на проверку повторно.
5. Выполненная практическая и лабораторная работа оценивается оценкой по пятибалльной шкале.
6. Оценка за практическую и лабораторную работу складывается на основании проверки следующих критериев:
 - правильного решения задачи;
 - оформления работы;
 - срока сдачи работы;
 - защиты.
7. Практическая и лабораторная работа, выполненная небрежно, не по своему варианту возвращается обучающемуся без проверки.
8. Обучающиеся, не выполнившие практические и лабораторные работы по дисциплине, к экзамену не допускаются.

Практическое занятие № 1
Определение центра тяжести плоских фигур

Цель:

- 1) научиться определять координаты центра тяжести плоских фигур;
- 2) изучить теоретический материал по теме «Центр тяжести тела»;

Методические указания:

- 1) Разбить фигуру на простые геометрические фигуры, положение центров тяжести которых известны;
- 2) Выбрать систему координат OXY;
- 3) Определить площади геометрических фигур;
- 4) Определить центр тяжести каждой фигуры относительно координат x, y.
- 5) Определить общую площадь фигуры $A = \sum A_k$. (1.1.1)
- 6) Определить координаты центра тяжести всей фигуры C {x_c; y_c}.

$$x_c = \frac{\sum A_k \cdot x_k}{A} \quad (1.1.2)$$

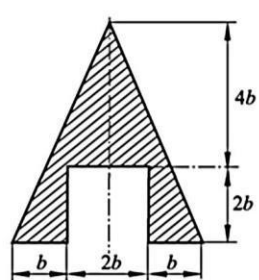
$$y_c = \frac{\sum A_k \cdot y_k}{A} \quad (1.1.3)$$

Таблица 1.1 Исходные данные

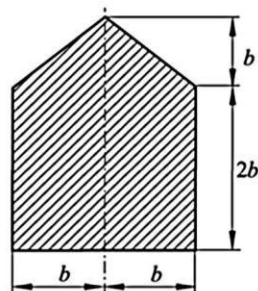
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Задание 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Схема | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 5 | 8 | 6 | 6 | 5 | 8 | 7 | 4 | 2 | 3 |
| b, мм | 25 | 12 | 16 | 18 | 40 | 23 | 15 | 10 | 20 | 25 | 34 | 28 | 15 | 22 | 32 |
| Задание 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Схема | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| Вариант | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Задание 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Схема | 1 | 3 | 2 | 5 | 4 | 6 | 7 | 3 | 1 | 8 | 6 | 4 | 8 | 7 | 2 |
| b, мм | 38 | 20 | 22 | 27 | 25 | 10 | 8 | 17 | 26 | 15 | 22 | 24 | 30 | 10 | 17 |
| Задание 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Схема | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

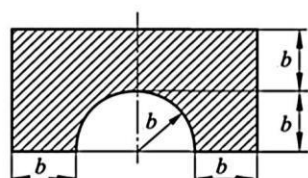
Задание 1. Определить координаты плоской сложной фигуры заданного сечения по данным своего варианта.



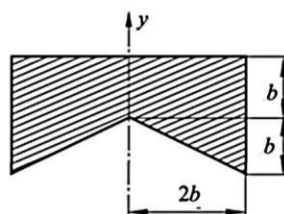
1



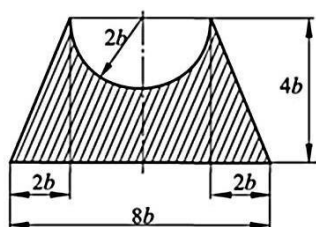
2



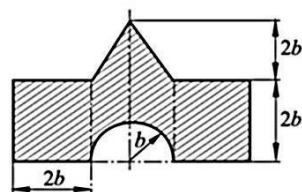
3



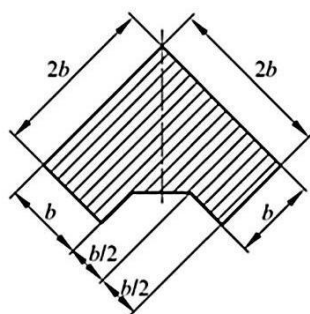
4



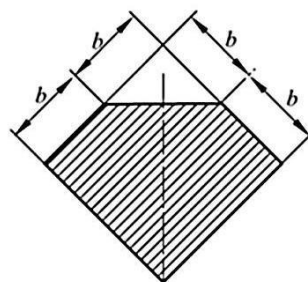
5



6



7



8

Рисунок 1.1 Схемы сложных плоских фигур.

Задание 2. Определение положения центра тяжести сечения, состоящего из профилей проката, по данным своего варианта.

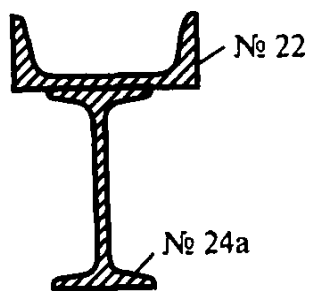


Схема 1

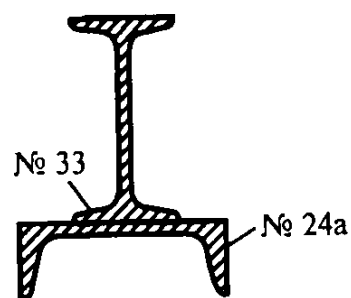


Схема 2

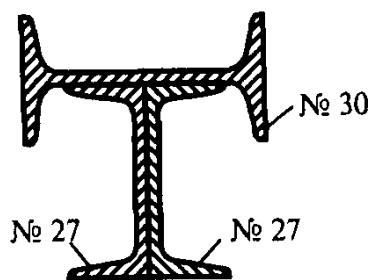


Схема 3

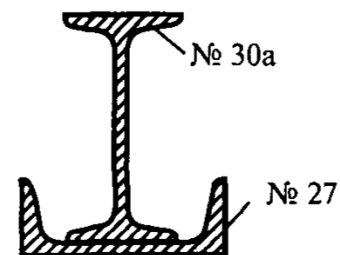


Схема 4

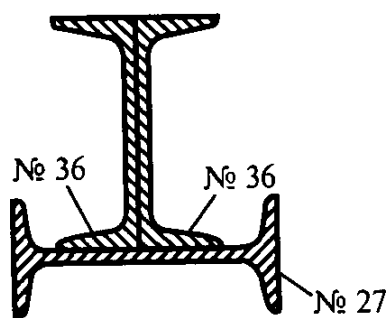


Схема 5

Рисунок 1.2 Схемы фигур, состоящих из профиля проката.

Контрольные вопросы:

1. Что называется центром параллельных сил?
2. Как определяются координаты центра параллельных сил?
3. Что называется центром тяжести тела?
4. Приведите пример тела, центр тяжести которого расположен вне тела.
5. Как используются свойства симметрии при определении центров тяжести тел?
6. Где расположен центр тяжести дуги окружности?
7. Запишите формулу, определяющую центр тяжести кругового сектора.

Литература ОИ1, Стр. 60-65.

Лабораторное занятие №1

Определение координат центра тяжести сложной фигуры

Цели:

- 1) изучить понятие центра тяжести;
- 2) научиться определять положение центра тяжести аналитическим и экспериментальным способами.

Оборудование:

1. Линейка и карандаш.
2. Плоская пластина произвольной формы.
3. Отвес.
4. Штатив с лапкой и муфтой
5. Булавка
6. Пробка.

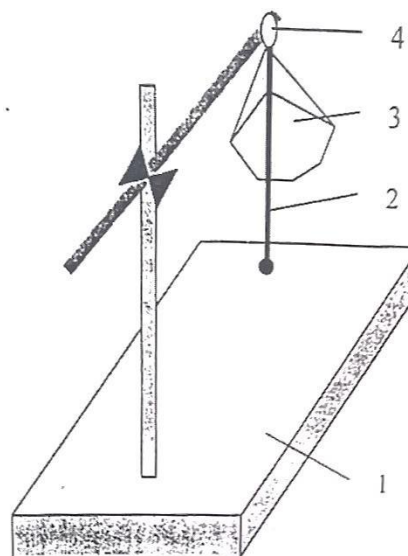


Рисунок 1. Штатив с лапкой и муфтой

Методические указания

Аналитический способ

1. Пластину положить в тетрадь на тетрадный лист и обвести остро отточенным карандашом контур пластины.
2. Выбрать направления координатных осей X и Y для полученной фигуры.
3. Площадь фигуры разбить на части простейшей формы и обозначить их цифрами.
4. Для каждой части плоской фигуры определить площади.
5. Определить координаты центров тяжести для каждой части используя координатные оси.

6. Определить координаты центра тяжести сложной фигуры по формулам:

$$X_c = \frac{\sum X_k \cdot A_k}{A} = \frac{X_1 A_1 + X_2 A_2 + \dots + X_n A_n}{A} \quad (1.2.1)$$

$$Y_c = \frac{\sum Y_k \cdot A_k}{A} = \frac{Y_1 A_1 + Y_2 A_2 + \dots + Y_n A_n}{A} \quad (1.2.2)$$

где A_k – площадь произвольного элемента фигуры,
 X_k, Y_k – координаты этого элемента,
 A - площадь всей фигуры.

7. Составить таблицу результатов вычислений

| Части площади | Площадь A каждой части, см ³ . | Координаты центров тяжести частей, см. | |
|---------------|---|--|----------------|
| | | X _k | Y _k |
| | | | |
| | | | |

8. Отметить центр тяжести на пластине.

Экспериментальный способ

1. Зажать о лапку штатива пробку в горизонтальном положении.
2. С помощью булавки, которая вкладывается в пробку, подвести пластину и отвес.
3. Остро отточенным карандашом отметить линию отвеса на верхнем и нижнем краях пластины.
4. Сняв пластину провести на ней линию, соединяющую точки.
5. Повторить опыт дважды, повесив в пластину в других точках.
6. На пересечении прямых обозначить точку С – центр тяжести пластины.
7. Сопоставить положение центров тяжести, найденных экспериментально и аналитически, сделать вывод.
8. Ответить на контрольные вопросы и подготовиться к защите.

Теоретическая часть

По закону всемирного тяготения не все частицы тела, находящегося вблизи земной поверхности, действуют силы притяжения их к Земле, т.е. силы их тяжести

Равнодействующая сил тяжести всех отдельных частиц тела называется силой тяжести тела.

Центр тяжести - это точка, через которую проходит линия действия силы тяжести данного тела, при любом положении тела в пространстве.

Если приходится определять положение центра тяжести плоских фигур, то их толщиной пренебрегают. Центр тяжести однородной пластины постоянной толщины называется центром тяжести площади данной плоской фигуры.

Определение координат центра тяжести простых геометрических фигур

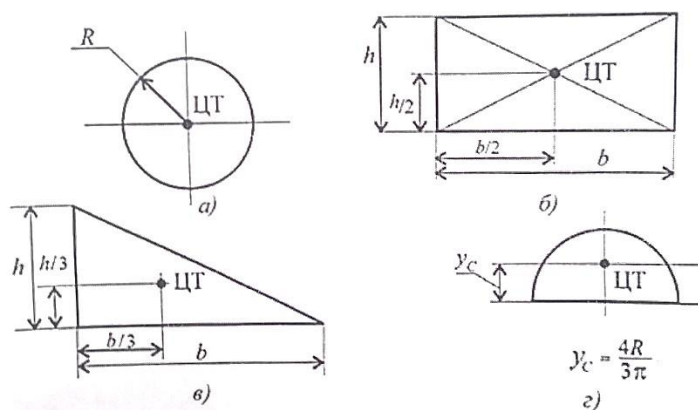


Рисунок 2. Координаты центра тяжести плоской фигуры

$$X_c = \frac{\sum X_k \cdot A_k}{A} = \frac{X_1 A_1 + X_2 A_2 + \dots + X_n \cdot A_n}{A}$$

$$Y_c = \frac{\sum Y_k \cdot A_k}{A} = \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + \dots + Y_n \cdot A_n}{A}$$

где A_k – площадь произвольного элемента фигуры,
 X_k, Y_k – Координаты этого элемента,
 A – площадь всей фигуры.

$$X_c = \frac{\sum S_{yk}}{\sum S_{xk}}$$

$$Y_c = \frac{\sum S_{yk}}{\sum S_{xk}}$$

где $S_{ек}$; $S_{хк}$ – статические моменты площади фигуры относительно координатных осей X и Y соответственно.

Если плоская фигура имеет сложную форму, то ее площадь разбирают на части простейшей формы, для которых положение центров тяжести известно.

Нахождение положения центра тяжести плоской фигуры с помощью формул называют аналитическим способом.

Наиболее простым является экспериментальный способ - способ подвешивания: если пластину подвесить в какой-либо точке, она расположится так, что вертикальная прямая, проведенная через точку подвеса, пройдет через центр тяжести пластины.

Контрольные вопросы

1. Что такое центр тяжести фигуры тела?
2. Как определить центра тяжести однородной тонкой пластины?
3. Что называют статическим моментом площади фигуры относительно данной оси?
4. Как определить положение центра тяжести симметричных плоских фигур?
5. Назовите способы определения положения центра тяжести фигуры, имеющих сложную форму.

Литерат

ура: ОИ1, Стр. 60-65.

Практическое занятие №2

Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.
Расчеты на прочность и жесткость

Цель:

- 1) научиться определять напряжение в конструктивных элементах;
- 2) изучить теоретический материал по теме «Внутренние силовые факторы и напряжения при растяжении (сжатии)»;
- 3) отработать навыки расчета полного удлинения и прочности стержня.

Задание. Для ступенчатого бруса (рис. 2.1) требуется:

- 1) построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений;
- 2) определить полное удлинение стержня, если $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;
- 3) проверить прочность стержня, если $[\sigma] = 160$ МПа.

Данные своего варианта взять из таблицы 2.1.

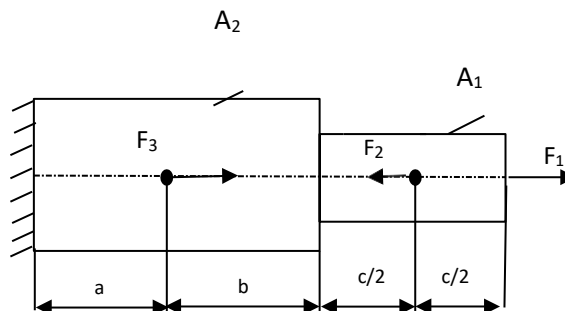


Рисунок 2.1. Схема нагружения бруса

Методические указания

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с условием задачи.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где приложены внешние нагрузки (для построения эпюры продольных сил) и меняется площадь поперечного сечения (для эпюры напряжений). Пронумеровать участки.
4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке, для чего применить метод сечения и правило знаков.
5. Построить эпюру продольной силы N .
6. Определить напряжение на каждом участке по формуле $\sigma = N/A$, (2.1)
где N – продольная сила, Н;
 A – площадь поперечного сечения, мм²;
 σ – нормальное напряжение, МПа.
7. Построить эпюру нормальных напряжений σ по длине бруса.
8. Определить деформацию на каждом участке бруса и его полную абсолютную деформацию по формулам $\Delta l = \frac{Nl}{EA} = \frac{\sigma l}{E}$, (2.2)
где Δl – абсолютное удлинение бруса, мм;
 E – модуль упругости, МПа;
 l – начальная длина бруса, мм.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 \quad (2.3)$$

9. Проверить прочность бруса через условие прочности $\sigma \leq [\sigma]$.

Примечание:

- вычисленные значения продольных сил N и напряжений σ необходимо округлить в дальнейших расчетах до целых чисел согласно правилам округления;

- вычисленные значения деформаций необходимо округлить до тысячных ($0,15868 \approx 0,159$);

- точка приложения силы P_2 делит отрезок «с» пополам;

- $1\text{кН}=10^3\text{Н}$, $1\text{см}^2=10^2\text{мм}^2$ ($2\text{см}^2=2*10^2\text{мм}^2$), $1\text{МПа}=1\text{Н/мм}^2$, $1\text{м}=10^3\text{мм}$.

Таблица 2.1

| Вариант | | | F ₁ , кН | F ₂ , кН | F ₃ , кН | A ₁ , см ² | A ₂ , см ² | a, м | b, м | c, м |
|---------|----|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|------|------|------|
| 1 | 16 | 31 | 10 | 40 | 15 | 2 | 7 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| 2 | 17 | 32 | 15 | 12 | 20 | 3 | 8 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| 3 | 18 | 33 | 20 | 14 | 25 | 4 | 9 | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| 4 | 19 | 34 | 25 | 15 | 30 | 5 | 10 | 0,4 | 0,5 | 0,8 |
| 5 | 20 | 35 | 30 | 22 | 35 | 6 | 11 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| 6 | 21 | 36 | 35 | 24 | 40 | 7 | 12 | 0,6 | 0,8 | 0,2 |
| 7 | 22 | 37 | 40 | 26 | 14 | 8 | 13 | 0,7 | 0,9 | 0,1 |
| 8 | 23 | 38 | 12 | 45 | 15 | 9 | 14 | 0,8 | 0,2 | 0,1 |
| 9 | 24 | 39 | 14 | 42 | 22 | 10 | 2 | 0,9 | 0,1 | 0,2 |
| 10 | 25 | 40 | 15 | 10 | 24 | 11 | 18 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| 11 | 26 | 41 | 22 | 15 | 26 | 12 | 16 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| 12 | 27 | 42 | 24 | 20 | 45 | 13 | 14 | 0,2 | 0,4 | 0,5 |
| 13 | 28 | 43 | 26 | 25 | 42 | 14 | 12 | 0,3 | 0,1 | 0,6 |
| 14 | 29 | 44 | 28 | 30 | 10 | 2 | 8 | 0,4 | 0,2 | 0,7 |
| 15 | 30 | 45 | 8 | 12 | 22 | 4 | 9 | 0,5 | 0,3 | 0,8 |

Контрольные вопросы:

1. Какие силы называют внешними и внутренними?
2. В чём заключается метод сечений?
3. Что такое напряжение?
4. Назовите внутренние силовые факторы при растяжении (сжатии).
5. От чего зависят продольные силы?
6. Дайте определение продольной и поперечной деформации.
7. Что характеризует модуль упругости?
8. Что такое коэффициент запаса прочности?

Литература: ОИ1, стр. 162-19

Практическое занятие №3

Построение эпюр крутящих моментов и углов поворота.
Расчеты на прочность и жесткость.

Цель:

- 1) изучить методику расчета конструкций на прочность и жесткость при кручении
- 2) рассчитать прочность и жесткость при кручении круглого бруса

Задание. Для заданной расчетной схемы вала (таблица 3.2) требуется:

- Построить эпюру крутящих моментов.
- Определить поперечные размеры вала.
- Проверить жесткость вала.

Исходные данные взять из таблицы 3.1 согласно варианту.

Методические указания

1. Разбиваем вал на участки. Границами участков являются сечения, в которых действуют внешние моменты и сечения, где изменяется диаметр вала.
2. Определяем крутящие моменты в поперечных сечениях каждого участка вала и строим их эпюру. Mz_1, Mz_2, Mz_3, Mz_4
3. Определяем опасные участки вала.
4. Определяем требуемые полярные моменты сопротивления обеих ступеней вала:

$$W_p = \frac{M_z \max}{[\tau]}, \quad (3.1)$$

где $|M_z|_{\max}$ – максимальный крутящий момент [τ] ступени вала, Н·мм;

в поперечном сечении вала каждой

[τ] – допускаемое напряжение при кручении вала, МПа.

$$5. \text{ Определяем требуемые поперечные размеры вала: } d = \sqrt[3]{\frac{W_p}{\pi d^4}}, \quad (3.2)$$

$$6. \text{ Определяем полярные моменты инерции: } I_p = \frac{d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad (3.3)$$

7. Проверяем жесткость вала:

$$\text{Определяем относительный угол закручивания: } \theta = \frac{M_z \max}{G \cdot I_p}, \quad (3.4)$$

где θ – относительный угол закручивания, град.;

G – модуль сдвига, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Делаем вывод о жесткости: $\theta_{\max} = \theta_l > 1,5^\circ$. Жесткость вала достаточна/недостаточна.

Таблица 3.1

| Вариант | | Схема | m ₁ | m ₂ | m ₃ | [τ] |
|---------|----|-------|----------------|----------------|----------------|-----|
| | | | кН·м | | | МПа |
| 1 | 19 | 1 | 0,1 | 0,4 | - | 35 |
| 2 | 20 | 2 | 0,2 | 0,3 | - | 40 |
| 3 | 21 | 3 | 0,3 | 0,2 | - | 50 |
| 4 | 22 | 4 | 0,4 | 0,3 | - | 50 |
| 5 | 23 | 5 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 60 |
| 6 | 24 | 6 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 80 |
| 7 | 25 | 7 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 70 |
| 8 | 26 | 8 | 0,3 | 0,1 | 0,5 | 60 |
| 9 | 27 | 9 | 0,1 | 0,5 | 0,3 | 40 |
| 10 | 28 | 10 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 50 |
| 11 | 29 | 11 | 0,1 | 0,4 | - | 35 |
| 12 | 30 | 12 | 0,2 | 0,3 | - | 40 |
| 13 | 31 | 13 | 0,3 | 0,2 | - | 50 |
| 14 | 32 | 14 | 0,4 | 0,3 | - | 50 |
| 15 | 33 | 15 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 60 |
| 16 | 34 | 16 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 80 |
| 17 | 35 | 17 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 70 |
| 18 | 36 | 18 | 0,3 | 0,1 | 0,5 | 60 |

Таблица 3.2

| | |
|-----------|-----------|
| <p>1</p> | <p>2</p> |
| <p>3</p> | <p>4</p> |
| <p>5</p> | <p>6</p> |
| <p>7</p> | <p>8</p> |
| <p>9</p> | <p>10</p> |
| <p>11</p> | <p>12</p> |
| <p>13</p> | <p>14</p> |
| <p>15</p> | <p>16</p> |
| <p>17</p> | <p>18</p> |

Контрольные вопросы:

1. Что такое кручение?
2. Назовите внутренние силовые факторы при кручении.
3. Какие напряжения возникают в сечении при кручении бруса? Как они распределяются?
4. Перечислите виды расчётов на прочность.
4. Что такое угол закручивания и угол сдвига?
5. Напишите условие прочности и условие жесткости.
6. Где напряжения при кручении имеют максимальное значение, а где они равны нулю?
7. Напишите формулу для нахождения напряжения в любой точке поперечного сечения.
8. Сформулируйте правило знаков для нахождения крутящих моментов.

Литература: ОИ1, Стр. 216-231.

Практическое занятие №4

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Расчеты на прочность.

Цель:

- 1) изучить методику расчета конструкции на прочность при изгибе;
- 2) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
- 3) рассчитать прочность консольной балки.

Задание. Для стальной консольной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрав из условия прочности необходимый размер двутавра (швеллера), приняв $[\sigma]=160$ МПа.

Данные своего варианта взять из таблицы 4.1.

Методические указания

1. Балку разделить на участки, границами которых являются сечения, в которых приложены: сосредоточенные силы, сосредоточенные моменты, начинается или заканчивается равномерно распределенная нагрузка;

2. Выбрать расположение координатных осей, совместив ось z с осью балки, а оси y и x расположить в плоскости сечения (обычно ось y расположена вертикально);

3. Применяя метод сечений, вычислить значения поперечных сил в характерных сечениях и построить эпюру поперечных сил. Если поперечная сила, изменяясь непрерывно, проходит через нулевое значение, то необходимо определить аппликату (z) сечения, где Q обращается в нуль;

4. Применяя метод сечений, вычислить значения изгибающих моментов в характерных сечениях и построить эпюру изгибающих моментов;

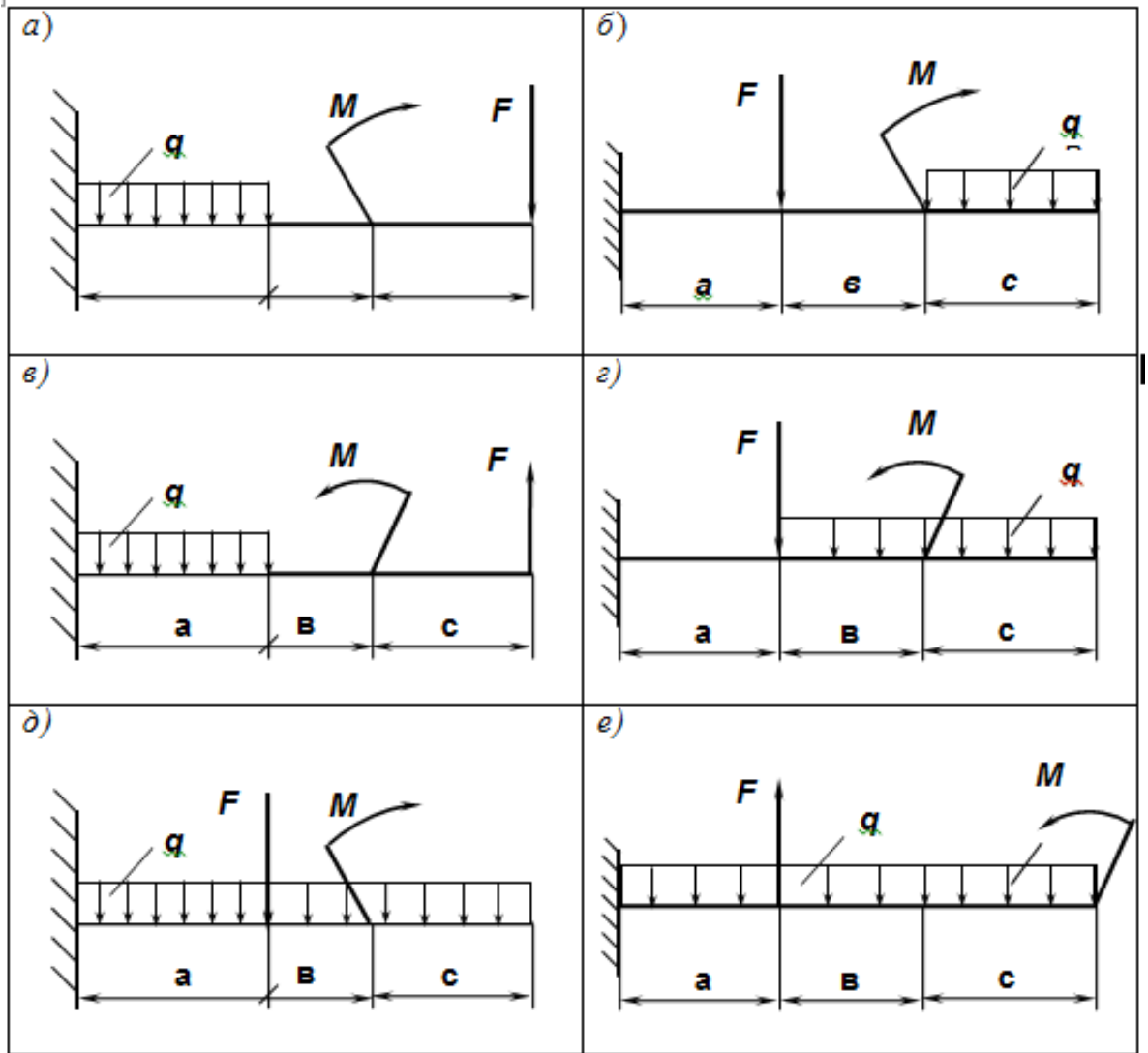
5. Из условия прочности определить осевой момент сопротивления сечения балки в сечении, где изгибающий момент имеет наибольшее по модулю значение;

6. Используя таблицы ГОСТов для двутавра и швеллера $W_x \geq |M_x|_{\max} / [\sigma]$; определить размеры поперечного сечения балки.

Таблица 4.1

| Вариант | | Схема | $F, \text{кН}$ | $M, \text{кНм}$ | $q, \text{кН/м}$ | $a, \text{мм}$ | $b, \text{мм}$ | $c, \text{мм}$ |
|---------|----|-------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 16 | а | 20 | 2 | 4 | 0,2 | 1,1 | 0,8 |
| 2 | 17 | б | 22 | 3 | 11 | 0,3 | 1,2 | 0,2 |
| 3 | 18 | в | 24 | 4 | 8 | 0,4 | 1,3 | 0,7 |
| 4 | 19 | г | 26 | 5 | 4 | 0,5 | 1,4 | 1,5 |
| 5 | 20 | д | 28 | 6 | 6 | 0,6 | 1,5 | 1,6 |
| 6 | 21 | е | 30 | 7 | 10 | 0,7 | 1,6 | 0,9 |
| 7 | 22 | а | 32 | 2 | 13 | 0,8 | 1,7 | 1,2 |
| 8 | 23 | б | 34 | 3 | 7 | 0,9 | 1,8 | 1,7 |
| 9 | 24 | в | 36 | 4 | 8 | 1,0 | 1,9 | 2,1 |
| 10 | 25 | г | 38 | 5 | 3 | 0,2 | 2,0 | 1,8 |
| 11 | 26 | б | 20 | 2 | 4 | 0,2 | 1,1 | 0,8 |
| 12 | 27 | в | 22 | 3 | 11 | 0,3 | 1,2 | 0,2 |
| 13 | 28 | г | 24 | 4 | 8 | 0,4 | 1,3 | 0,7 |
| 14 | 29 | д | 26 | 5 | 4 | 0,5 | 1,4 | 1,5 |
| 15 | 30 | е | 28 | 6 | 6 | 0,6 | 1,5 | 1,6 |

Схемы.



Контрольные вопросы

1. Что такое изгиб? Перечислите основные виды изгиба.
2. Какие внутренние силовые факторы возникают при изгибе?
3. Как направлена реакция заземленной консольной балки?
4. Как на эпюре поперечных сил и изгибающих моментов отражается приложение к балке сосредоточенной силы?
5. Как выглядит эпюра на участке приложения распределенной нагрузки?

Литература: ОИ1, Стр. 239-277

Практическое занятие №5

Расчет на прочность резьбовых соединений

Цель:

- 1) отработать навыки расчета на прочность резьбовых соединений;
- 2) изучить конструкцию болтового соединения.

Методические указания

$$1. \text{ Рассчитать допускаемое напряжение на растяжение } [\sigma]_T = \frac{\sigma_T}{[s]_T}, \quad (5.1)$$

где σ_T – предел текучести,

$[s]_T$ - допускаемый коэффициент запаса.

$$2. \text{ Рассчитать нагрузку на один винт } F_{\text{болт}} = \frac{F}{z}, \quad (5.2)$$

где F – осевая сила,

z – число витков.

$$3. \text{ Рассчитать силу затяжки, обеспечивающую нераскрытие стыка } F_0 = K_{\text{зат}}(1 - \chi) F_{\text{болт}}, \quad (5.3)$$

где $K_{\text{зат}}$ – коэффициент запаса предварительной затяжки:

$K_{\text{зат}} = 1,2 \dots 5,2$ – при постоянной нагрузке,

$K_{\text{зат}} = 2,5 \dots 4$ – при переменной нагрузке.

χ – коэффициент внешней нагрузки, $\chi = 0,4$.

$$4. \text{ Определить расчетную силу с учетом влияния кручения } F_{\text{расч}} = 1,3F_0 + \chi F_{\text{болт}} \quad (5.4)$$

$$5. \text{ Определить расчетный диаметр резьбы винта } d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{4F_{\text{расч}}}{\pi[\sigma]_p}}, \quad (5.5)$$

где $[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение растяжения.

6. По ГОСТ 9150-81 определить винт и шаг резьбы p при условии, что $d_1 \geq d$, где d_1 – внутренний диаметр резьбы.

Задание. Крышка подшипника крепится к корпусу винтами, затянутыми при сборке для обеспечения герметичности узла подшипника. Винты испытывают силу затяжки F_0 и воспринимают осевую силу F , направленную на узел подшипника. Определить диаметр винта.

Данные взять из таблицы 5.1 в соответствии с вариантом.

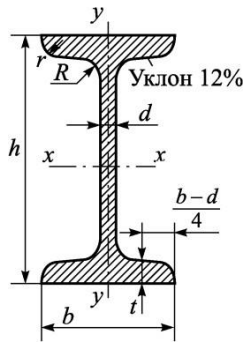
Таблица 5.1 Исходные данные

| Вариант | 1/11/21 | 2/12/22 | 3/13/23 | 4/15/24 | 5/15/25 | 6/16/26 | 7/17/27 | 8/18/28 | 9/19/29 | 10/20/30 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| F, кН | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 |
| материал | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 | Ст3 |
| σ_T , МПа | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| z | 6 | 8 | 10 | 6 | 8 | 10 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| $[s]_T$ | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Контрольные вопросы:

1. Какие основные виды резьбовых соединений применяют в машиностроении? Дать сравнительную оценку.
2. Из каких материалов изготавливают резьбовые и крепежные детали?
3. От каких основных факторов зависит момент завинчивания в резьбовых соединениях?
4. Какие напряжения испытывает болт в момент затягивания?
5. Какие напряжения испытывает предварительно затянутый болт, поставленный с зазором, при нагружении соединения сдвигающей силой?

Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239-89)



Обозначения:

h – высота двутавра; b – ширина двутавра;

d – толщина стенки; t – средняя толщина полки; A

– площадь двутавра; J – момент инерции;

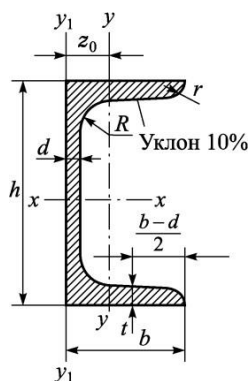
W – момент сопротивления; i – радиус инерции; S

– статический момент полусечения;

Таблица 1

| № профиля | Размеры, мм | | | | A, см ² | Справочные величины для осей | | | | | | |
|-----------|-------------|-----|------|------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | h | b | d | t | | x-x | | | | y-y | | |
| | | | | | | J _x , см ⁴ | W _x , см ³ | i _x , см | S _x , см | J _y , см ⁴ | W _y , см ³ | i _y , см |
| 10 | 100 | 55 | 4,5 | 7,2 | 12,0 | 198,0 | 39,7 | 4,1 | 23,0 | 17,9 | 6,5 | 1,2 |
| 12 | 120 | 64 | 4,8 | 7,3 | 14,7 | 350,0 | 58,4 | 4,9 | 33,7 | 27,9 | 8,7 | 1,4 |
| 14 | 140 | 73 | 4,9 | 7,5 | 17,4 | 572,0 | 81,7 | 5,7 | 46,8 | 41,9 | 11,5 | 1,6 |
| 16 | 160 | 81 | 5,0 | 7,8 | 20,2 | 873,0 | 109,0 | 6,6 | 62,3 | 58,6 | 14,5 | 1,7 |
| 18 | 180 | 90 | 5,1 | 8,1 | 23,4 | 1290,0 | 143,0 | 7,4 | 81,4 | 82,6 | 18,4 | 1,9 |
| 20 | 200 | 100 | 5,2 | 8,4 | 26,8 | 1840,0 | 184,0 | 8,3 | 104,0 | 115,0 | 23,1 | 2,1 |
| 22 | 220 | 110 | 5,4 | 8,7 | 30,6 | 2550,0 | 232,0 | 9,1 | 131,0 | 157,0 | 28,6 | 2,3 |
| 24 | 240 | 115 | 5,6 | 9,5 | 34,6 | 3460,0 | 289,0 | 10,0 | 163,0 | 198,0 | 34,5 | 2,4 |
| 27 | 270 | 125 | 6,0 | 9,8 | 40,2 | 5010,0 | 371,0 | 11,2 | 210,0 | 260,0 | 41,5 | 2,5 |
| 30 | 300 | 135 | 6,5 | 10,2 | 46,5 | 7080,0 | 472,0 | 12,3 | 268,0 | 337,0 | 49,9 | 2,7 |
| 33 | 330 | 140 | 7,0 | 11,2 | 53,8 | 9840,0 | 597,0 | 13,5 | 339,0 | 419,0 | 59,9 | 2,8 |
| 36 | 360 | 145 | 7,5 | 12,3 | 61,9 | 13380,0 | 743,0 | 14,7 | 423,0 | 516,0 | 71,1 | 2,9 |
| 40 | 400 | 155 | 8,3 | 13,0 | 72,6 | 19062,0 | 953,0 | 16,2 | 545,0 | 667,0 | 86,1 | 3,0 |
| 45 | 450 | 160 | 9,0 | 14,2 | 84,7 | 27696,0 | 1231,0 | 18,1 | 708,0 | 808,0 | 101,0 | 3,1 |
| 50 | 500 | 170 | 10,0 | 15,2 | 100,0 | 39727,0 | 1589,0 | 19,9 | 919,0 | 1043,0 | 123,0 | 3,2 |
| 55 | 550 | 180 | 11,0 | 16,5 | 118,0 | 55962,0 | 2035,0 | 21,8 | 1181,0 | 1356,0 | 151,0 | 3,4 |
| 60 | 600 | 190 | 12,0 | 17,8 | 138,0 | 76806,0 | 2560,0 | 23,6 | 1491,0 | 1725,0 | 182,0 | 3,5 |

Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240-97)



Обозначения:

h – высота швеллера; b – ширина швеллера;
d – толщина стенки; t – средняя толщина полки; A – площадь швеллера; J – момент инерции;
W – момент сопротивления; i – радиус инерции; S – статический момент полусечения;
z₀ – расстояние от оси y до наружной грани стенки

Таблица 2

| № про фи ля | Размеры, мм | | | | A, см ² | Справочные величины для осей | | | | | | | x ₀ , см |
|-------------------|-------------|-----|-----|------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| | h | b | d | t | | x-x | | | | y-y | | | |
| | | | | | | J _x , см ⁴ | W _x , см ³ | i _x , см | S _x , см | J _y , см ⁴ | W _y , см ³ | i _y , см | |
| 5 | 50 | 32 | 4,4 | 7 | 6,16 | 22,80 | 9,10 | 1,92 | 5,59 | 5,61 | 2,75 | 0,95 | 1,16 |
| 6,5 | 65 | 36 | 4,4 | 7,2 | 7,51 | 48,60 | 15,00 | 2,54 | 9,00 | 8,70 | 3,68 | 1,08 | 1,24 |
| 8 | 80 | 40 | 4,5 | 7,4 | 8,98 | 89,40 | 22,40 | 3,16 | 23,30 | 12,80 | 4,75 | 1,19 | 1,31 |
| 10 | 100 | 46 | 4,5 | 7,6 | 10,90 | 174,00 | 34,80 | 3,99 | 20,40 | 20,40 | 6,46 | 1,37 | 1,44 |
| 12 | 120 | 52 | 4,8 | 7,8 | 13,30 | 304,00 | 50,60 | 4,78 | 29,60 | 31,20 | 8,52 | 1,53 | 1,54 |
| 14 | 140 | 58 | 4,9 | 8,1 | 15,60 | 491,00 | 70,20 | 5,60 | 40,80 | 45,40 | 11,00 | 1,70 | 1,67 |
| 16 | 160 | 64 | 5 | 8,4 | 18,10 | 747,00 | 93,40 | 6,42 | 54,10 | 63,30 | 13,80 | 1,87 | 1,80 |
| 18 | 180 | 70 | 5,1 | 8,7 | 20,70 | 1090,00 | 121,00 | 7,24 | 69,80 | 86,00 | 17,00 | 2,04 | 1,94 |
| 20 | 200 | 76 | 5,2 | 9 | 23,40 | 1520,00 | 152,00 | 8,07 | 87,80 | 113,00 | 20,50 | 2,20 | 2,07 |
| 22 | 220 | 82 | 5,4 | 9,5 | 26,70 | 2110,00 | 192,00 | 8,89 | 110,00 | 151,00 | 25,10 | 2,37 | 2,21 |
| 24 | 240 | 90 | 5,6 | 10 | 30,60 | 2900,00 | 242,00 | 9,73 | 139,00 | 208,00 | 31,60 | 2,60 | 2,42 |
| 27 | 270 | 95 | 6 | 10,5 | 35,20 | 4160,00 | 308,00 | 10,90 | 178,00 | 262,00 | 37,30 | 2,73 | 2,47 |
| 30 | 300 | 100 | 6,5 | 11 | 40,50 | 5810,00 | 387,00 | 12,00 | 224,00 | 327,00 | 43,60 | 2,84 | 2,52 |
| 33 | 330 | 105 | 7 | 11,7 | 46,50 | 7980,00 | 484,00 | 13,10 | 281,00 | 410,00 | 51,80 | 2,97 | 2,59 |
| 36 | 360 | 110 | 7,5 | 12,6 | 53,40 | 10820,00 | 601,00 | 14,20 | 350,00 | 513,00 | 61,70 | 3,10 | 2,68 |
| 40 | 400 | 115 | 8 | 13,5 | 61,50 | 15220,00 | 761,00 | 15,70 | 444,00 | 642,00 | 73,40 | 3,23 | 2,75 |

Список рекомендуемой литературы

Основные источники

1. Куклин, Н.Г. Детали машин [Электронный ресурс]: учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. - 512 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/967681> (ЭБС Znanium).
2. Олофинская, В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий [Текст]: учебное пособие / В.П. Олофинская.- 3-е изд., испр.- Москва: ФОРУМ, 2019.- 352 с.

Дополнительные источники

1. Смелягин, А.И. Структура машин, механизмов и конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Смелягин. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 387 с. – Режим доступа <http://znanium.com/catalog/product/948876> (ЭБС Znanium).
2. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин. [Текст]: учебник и практикум для СПО / Г.А. Тимофеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 429с.
3. Хруничева, Т.В. Детали машин: типовые расчеты на прочность [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. - 224 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/988129> (ЭБС Znanium).
4. Чернавский, С.А. Курсовое проектирование деталей машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 414 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/982378> (ЭБС Znanium).

Интернет-ресурсы (И-Р)

- И-Р 1 <http://znanium.com>
И-Р 2 <http://e.lanbook.com>